

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 89108623.3

51 Int. Cl.<sup>4</sup>: H02K 9/19 , H02K 3/24

22 Anmeldetag: 12.05.89

30 Priorität: 16.05.88 DE 3816652

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
23.11.89 Patentblatt 89/47

64 Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI NL SE

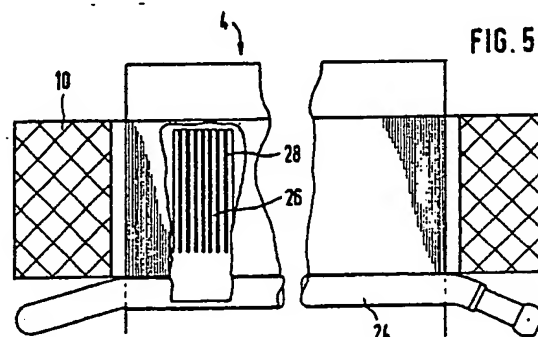
71 Anmelder: Magnet-Motor Gesellschaft für  
magnetmotorische Technik mbH  
Petersbrunner Strasse 4  
D-8130 Starnberg(DE)

72 Erfinder: Heidelberg, Götz, Dipl.Phys.  
Am Hügel 16  
8136 Starnberg-Percha(DE)  
Erfinder: Gründl, Andreas, Dr.  
Haseneystasse 20  
8000 München 70(DE)  
Erfinder: Ehrhart, Peter, Dr.  
Saalburgstrasse 24a  
8000 München 70(DE)  
Erfinder: Krömer, Joachim, Dr.  
Winibaldstrasse 42a  
D-8190 Wolfratshausen(DE)

74 Vertreter: Klunker . Schmitt-Nilsson . Hirsch  
Winzererstrasse 106  
D-8000 München 40(DE)

54 Elektrische Maschine mit Flüssigkeitskühlung.

57 Elektrische Maschine, mit einem mit Wicklungen (10) versehenen Stator (4), einem Rotor (6), und einem Luftspalt (16) zwischen Stator und Rotor (6), insbesondere mit dauermagnetischer Erregung und/oder elektronischer Kommutierung. Im oder am Stator (4) sind Kühlkanäle für ein flüssiges Kühlmittel vorgesehen, sie in Wärmeübertragungsverbindung mit den Orten der Wärmeentstehung sind.



EP 0 342 554 A1

## Elektrische Maschine mit Flüssigkeitskühlung

Die Erfindung bezieht sich auf eine elektrische Maschine - Elektromotor oder Stromgenerator - mit einem mit Wicklungen versehenen Stator, einem Rotor und einem Luftspalt zwischen Stator und Rotor, vorzugsweise mit dauermagnetischer Erregung und/oder elektronischer Kommutierung.

Elektrische Maschinen führen normalerweise die in ihnen entstehende Wärme, in erster Linie Eisenverlustwärme durch Ummagnetisierungsverluste und Kupferverlustwärme durch Leitungsverluste, über die Maschinenoberfläche ab, die zu diesem Zweck auch verrippt sein kann. Ferner ist Zwangskühlung mit einem auf der Rotorachse befestigten Gebläse gebräuchlich. Für bestimmte Anwendungsgebiete kennt man auch Flüssigkeitskühlung durch Eingetauchtsein in einer Flüssigkeit, beispielsweise bei elektromotorisch angetriebenen Kraftstoffpumpen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Maschine mit besonders effektiver, aber konstruktiv unaufwendiger Kühlung verfügbar zu machen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist die Maschine erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß im oder am Stator Kühlkanäle für ein flüssiges Kühlmittel vorgesehen sind, die in Wärmeübertragungsverbindung mit den Orten der Wärmeentstehung sind.

Die erfindungsgemäße Kühlung eignet sich auch für elektrische Maschinen größerer Leistung, wo die Wärmeabfuhr wegen der höheren Wärmedichte der entstehenden Wärme prinzipiell schwieriger ist.

Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Eine besonders einfache Möglichkeit besteht darin, im luftspaltentfernten Statorfuß Kühlmittelrohre einzugießen. Besonders günstig ist es, wenn die Kühlmittelrohre U-förmig verlaufen, so daß für einen besonders einfachen Anschluß an einen Kühlmittelkreislauf der Kühlmiteleintritt und -austritt auf der gleichen Maschinenseite liegen.

Alternativ kann man ein oder mehrere Einschubteile vorsehen, durch die U-förmig verlaufende Kühlkanäle gebildet sind.

Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung der Erfindung, bei der Kühlmittelrohre ohne oder mit Kühlfahnen, die sich zwischen einer Wicklung des Stators und dem zugeordneten Eisenkernbereich des Stators erstrecken, vorgesehen sind. Die Kühlfahnen können beispielsweise angelötet oder einstückig mit den Kühlmittelrohren gefertigt sein. Günstigerweise be stehen die Kühlmittelrohre und die Kühlfahnen aus gut wärmeleitendem Material, beispielsweise Kupfer oder einer Kupferlegierung.

Es ist günstig, die Kühlfahnen geschlitz auszuführen, um dortige Wirbelstromverluste zu minimieren, wie die Ausführungsbeispiele weiter unten noch deutlicher werden lassen. Ferner ist es günstig, die Kühlmittelrohre jeweils mit zwei Kühlfahnen auszustatten, die quer zur Rohrachse beabstandet sind.

Eine ganz besonders günstige Stelle für die Kühlmittelrohre ist der Grund von Statormuten, die der Aufnahme von Wicklungen dienen. Hierbei kann man zwei benachbarte Statormuten mit einem U-förmig verlaufenden Kühlmittelrohr zusammenfassen, wodurch sich wiederum ergibt, daß Kühlmiteleintritt und -austritt auf der gleichen Maschinenseite liegen.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung sind einzelne oder alle Eisenkerne von Wicklungen des Stators mit Kühlkanälen versehen. Diese Kühlkanäle können zusätzlich zu Kühlkanälen der vorstehend beschriebenen Art vorgesehen und gewünschtenfalls mit diesen kommunizierend ausgebildet sein.

Die Erfindung und Weiterbildungen der Erfindung werden im folgenden anhand von zeichnerisch dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen fragmentarischen Längsschnitt eines Elektromotors;

Fig. 2 einen fragmentarischen Querschnitt eines anderen Elektromotors;

Fig. 3 einen fragmentarischen Längsschnitt des Elektromotors von Fig. 2;

Fig. 4 einen fragmentarischen Querschnitt des Stators eines anderen Elektromotors;

Fig. 5 einen fragmentarischen Längsschnitt des Stators von Fig. 4.

Fig. 6 einen fragmentarischen Querschnitt des Stators eines anderen Elektromotors.

Der in Fig. 1 mit einem Teilbereich gezeichnete Elektromotor 2 weist einen Stator 4 und einen insgesamt im wesentlichen hohlzylindrischen Rotor 6 auf, der konzentrisch um den Stator 4 herum als Außenrotor angeordnet ist. Die Rotationsachse des Motors 2 liegt waagrecht unterhalb des unteren Zeichnungsrandes.

Der Stator 4 des Motors 2 ist umfangsmäßig verteilt mit geblechten Polzähnen 8 versehen, die jeweils eine Wicklung 10 bzw. Spule aufweisen. Bei dem gezeichneten Ausführungsbeispiel sind die Polzähne axial auf einen massiven, ungeblechten Zentralbereich 12 des Stators 4 aufgeschoben und dort befestigt. Jeder Polzahn 8 bildet einen der entsprechenden Wicklung 10 zugeordneten Eisenkern. Die Polzähne 8 können radial innere Bereiche aufweisen, die in Umfangsrichtung aneinandersto-

Ben.

Der Rotor 6 ist an seinem Innenumfang mit umfangsmäßig verteilten Dauermagneten 14 wechselnder Polung versehen. Zwischen den radial inneren Oberflächen der Dauermagnete 14 und den radial äußeren Flächen der Polzähne 8 befindet sich ein Luftspalt 16.

Es handelt sich um einen elektronisch kommutierten Motor 2. Da derartige Motoren an sich bekannt sind, müssen hier weitere Einzelheiten der elektronischen Kommutierung nicht beschrieben werden. Der Zentralbereich 12 des Stators 4 stellt einen für die Polzähne 8 gemeinsamen, inneren Statorfuß dar. Der Statorfuß 12 weist eine tiefe Ausnehmung 18 auf, die zu einem Axialende des Stators 4 hin offen ist, sich axial über eine etwas größere Länge als der Axiallänge der Statorzähne 8 entsprechend erstreckt, und sich - im nicht gezeichneten Querschnitt betrachtet - über den gesamten Umfang des Statorfusses 12 erstreckt. In diese tiefe Ausnehmung 18 ist von einer Axialseite her ein Einschubteil 20 derart eingebaut, daß radial außerhalb und radial innerhalb sowie stirnseitig ein Spalt zum Statorfuß 12 freibleibt. Auf diese Art ist ein im Längsschnitt U-förmiger Kühlmittelkanal 22 gebildet, in dem im radial äußeren Ast ein Kühlmittel, beispielsweise Wasser, in einer ersten Axialrichtung strömt, um im radial inneren Ast zur gleichen Axialseite der Maschine zurückzuströmen. Im nicht gezeichneten Querschnitt betrachtet haben beide Äste eine ringspaltförmige Konfiguration.

Alternativ kann der Motor 2 mehrere, umfangsmäßig verteilte Ausnehmungen 18 und pro Ausnehmung 18 ein Einschubteil 20 aufweisen. Auf diese Weise entstehen umfangsmäßig verteilt mehrere U-förmige Kühlmittelkanäle 22.

Eine weitere Alternative besteht darin, keine Ausnehmung 18 und kein Einschubteil 20 vorzusehen, sondern statt dessen U-förmig gebogene Rohre in das Material des Statorfusses 12 einzugliedern. Diese Rohre können so verlaufen, wie für die Kühlmittelkanäle 22 in Fig. 1 gezeichnet. Die beiden Äste der Kühlmittelrohre können aber auch in einer gemeinsamen Umfangsebene liegen, so daß sich eine gegenüber der Fig. 1 um 90° gedrehte Konfiguration ergibt.

Man erkennt, daß die Kühlmittelkanäle 22 radial relativ dicht am inneren Fuß der Statorzähne liegen und daher an einer für die Wärmeabfuhr günstigen Stelle nicht weit entfernt von den Wärmeentstehungsorten.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 und 3 (wo der Rotor 6 aus Übersichtsgründen nicht mit eingezeichnet ist) sind Kühlmittelrohre 24 vorhanden, die sich bei jedem Statorzahn 8 an einem Axialende desselben radial erstrecken. Dabei sind die Kühlmittelrohre 24 jeweils in die dem betreffenden Statorzahn 8 zugeordnete Wicklung 10 einge-

bettet. Mit jedem Kühlmittelrohr 24 sind zwei Kühlfahnen 26 verlötet, die sich zwischen dem Statorzahn/Eisenkern 8 und der zugeordneten Wicklung 10 in Axialrichtung verlaufend erstrecken.

Die Kühlfahnen sind mit in Axialrichtung verlaufenden Schlitzfen 28 versehen. Durch die Kühlfahnen 26 wird die entstehende Wärme praktisch unmittelbar vom Ort der Wärmeentstehung im betreffenden Statorzahn 8 und der betreffenden Wicklung 10 zum Kühlmittelrohr 24 hin abgeführt.

Es ist praktisch, zwei in Umfangsrichtung benachbarte Kühlmittelrohre 24 U-förmig zusammenzufassen, beispielsweise durch einen radial äußeren Bogen.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 4 und 5 unterscheidet sich von der soeben beschriebenen Ausführungsform dadurch, daß die Kühlmittelrohre 24 in Axialrichtung am Grund von Statornuten 30 zwischen benachbarten Statorzähnen 8 verlaufen. Die zwei Kühlfahnen 26 pro Kühlmittelrohr 24 ragen vom Statornutgrund im wesentlichen radial nach außen, und zwar wiederum zwischen dem betreffenden Statorzahn 8 und der betreffenden Wicklung 10. Die Kühlfahnen 26 sind radial so lang, daß sie praktisch bis zum radial äußeren Ende der betreffenden Wicklung 10 reichen. Entsprechendes gilt für die axiale Länge der Kühlfahnen 26 beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 und 3.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 4 und 5 bewirkt eine besonders effektive Kühlung, weil bei den meisten Elektromotoren die radiale Länge der Statorzähne kleiner als deren axiale Länge ist. Außerdem liegen die Kühlrohre 24 am Statornutgrund in einem Bereich, wo praktisch keine Wirbelströme entstehen, so daß die Kühlmittelrohre 24 keine fühlbare Steigerung der Wirbelstromverluste des Motors 2 mit sich bringen.

In Fig. 5 erkennt man ferner die U-förmige Zusammenfassung von zwei in Umfangsrichtung benachbarten Kühlmittelrohren 24, wodurch Kühlmiteleintritt und -austritt auf der gleichen Axialseite des Motors 2 liegen.

Die Wicklungen 10 sind pro Statorzahn 8 von radial außen her in die Statornuten 30 eingeschoben. Anschließend wird das obere Ende der Statornut 30 mit einem nicht gezeichneten Nutkeil verschlossen.

Die Kühlmittelrohre 24 bzw. deren Kühlfahnen 26 können mittels der Wicklungsvergußmasse mit der betreffenden Wicklung 10 vergossen sein. Vorzugsweise wird die Wicklung 10 bei allen Ausführungsvarianten mit wärmeleitender Vergußmasse vergossen. In Fig. 4 erkennt man bei dem querschnittenen Kühlmittelrohr 24, daß jeweils links und rechts außen an das Kühlmittelrohr 24 eine Kühlfahne 26 angelötet ist. Die Kühlmittelfahnen 26 können aber auch aus einem einheitlichen Blechstück gefertigt und mit dem Kühlrohr 24 wärmelei-

tend verbunden sein.

Die erfindungsgemäße Kühlung eignet sich ganz besonders für Maschinen einer Bauart, bei der nur auf jeden zweiten Statorzahn 8 eine Wicklung 10 aufgeschoben ist.

Die gezeichneten Ausführungsbeispiele waren alle Motoren mit zentralem Stator und hohlzylindrischem Außenläufer. Es versteht sich, daß analog auch Motoren oder Generatoren mit hohlzylindrischem, äußerem Stator und zentralem Rotor gebaut werden können, wobei der luftspaltentfernte Statorfuß radial außen liegt.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 und 5 verlaufen die Schlitze 28 der Kühlfahnen 26 in Radialrichtung.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Ausführungsformen gemäß Fig. 2 bis 5 insbesondere bei geringeren Kühlanforderungen auch ohne die Kühlfahnen 26 verwirklicht werden können. In diesem Fall erfolgt die Wärmeleitung zu den Kühlrohren 24 über den metallischen Kontakt mit einer axialseitigen Stirnfläche des betreffenden Statorzahns 8 (Fig. 3, das Kühlrohr 24 nach links an den Statorzahn 8 herangerückt) oder den metallischen Kontakt zwischen dem Kühlrohr 24 und dem Grund der Statornut 30.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 6 sind Kühlkanäle im Material des Stators in enger räumlicher Nachbarschaft zu den mit Wicklungen versehenen Statorzähnen 8 vorgesehen. Als eine erste Möglichkeit ist ein in Axialrichtung verlaufender Kühlkanal 31 radial knapp innerhalb desjenigen Durchmessers, bis zu dem der Grund der Statornuten 30 reicht, dargestellt. Als zweite Möglichkeit ist ein Kühlmittelkanal im Inneren eines Statorzahns 8 dargestellt, also in einem Bereich, wo der betreffende Statorzahn 8 von einer nicht dargestellten Wicklung umschlossen ist. Die Kühlmittelkanäle 31, 32 können rohrförmig oder schlitzförmig sein. Sie können radial innen oder an einer axialen Stirnseite des Stators 4 an einen Kühlmittelkreislauf angeschlossen sein. Sie können ferner, insoweit kombiniert mit der Ausführungsform gemäß Fig. 1, mit Kühlmittelkanälen 22 der weiter vorn beschriebenen Art kommunizieren.

Abschließend wird darauf hingewiesen, daß eine Kühlung der im Zusammenhang mit Fig. 1 geschilderten Art ganz besonders für schlagwettergeschützte Maschinen geeignet ist, weil die Kühlkanäle in einem Bereich der Maschine liegen, der von dem elektrischen bzw. magnetischen Kernbereich der Maschine (Statorzähne 8, Wicklungen 10, Dauermagnete 14, Luftspalt 16, Kommutierungseinrichtung) durch eine durchgehende, metallische Trennwand getrennt ist.

## Ansprüche

1. Elektrische Maschine, mit einem mit Wicklungen (10) versehenen Stator (4), einem Rotor (6), und einem Luftspalt (16) zwischen Stator und Rotor (6), insbesondere mit dauermagnetischer Erregung und/oder elektronischer Kommutierung, dadurch gekennzeichnet, daß im oder am Stator (4) Kühlkanäle für ein flüssiges Kühlmittel vorgesehen sind, die in Wärmeübertragungsverbindung mit den Orten der Wärmeentstehung sind.
2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator (4) auf der von dem Luftspalt (16) entfernten Seite einen als durchgehende Trennwand ausgebildeten Statorfuß (12) aufweist und daß in dem Statorfuß (12) Kühlkanäle (22) für ein flüssiges Kühlmittel vorgesehen sind.
3. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im luftspaltentfernten Statorfuß (12) Kühlmittelrohre eingegossen sind.
4. Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelrohre U-förmig verlaufen, so daß Kühlmittelintritt und -austritt auf der gleichen Maschinenseite liegen.
5. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß durch ein oder mehrere Einschubteile (20) U-förmig verlaufende Kühlkanäle (22) gebildet sind.
6. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Kühlmittelrohre (24) mit Kühlfahnen (26), die sich zwischen einer Wicklung (10) und dem zugeordneten Eisenkern (8) erstrecken, vorgesehen sind.
7. Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelrohre (24) im wesentlichen radial zur Rotationsachse des Rotors (4) verlaufen (Fig. 2, 3).
8. Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelrohre (24) im wesentlichen in Richtung der Rotationsachse des Rotors (4) verlaufen (Fig. 4, 5).
9. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelrohre (24) jeweils am Grund einer Statornut (30) verlaufen.
10. Maschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß U-förmig verlaufende Kühlmittelrohre (24) jeweils für zwei Statornuten (30) vorgesehen sind.
11. Maschine nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlfahnen (26) geschlitzt sind.

12. Maschine nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelrohre (24) jeweils zwei Kühlfahnen (26) aufweisen, die quer zur Rohrachse beabstandet sind.

5

13. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch Kühlkanäle (31, 32) in Eisenkernen (8) von Wicklungen (10).

10

15

20

25

30

35

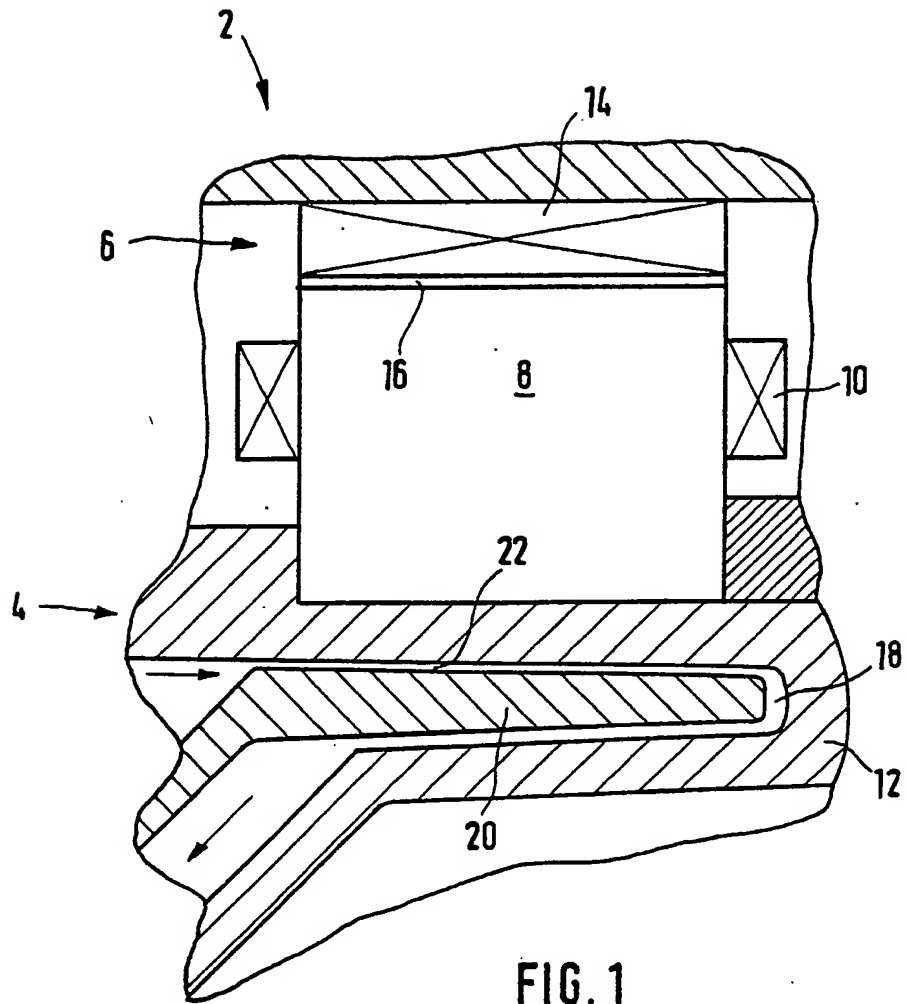
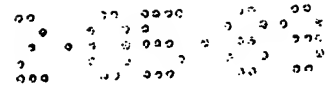
40

45

50

55

5



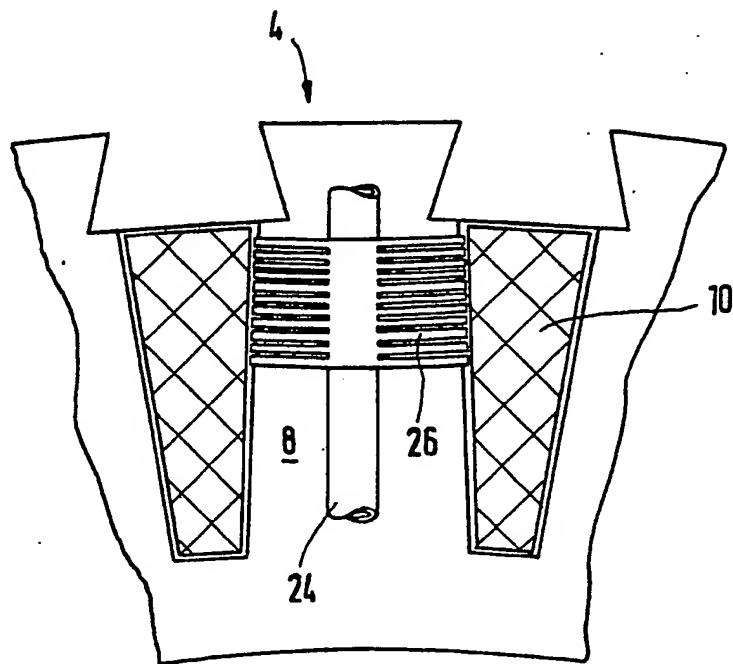


FIG. 2

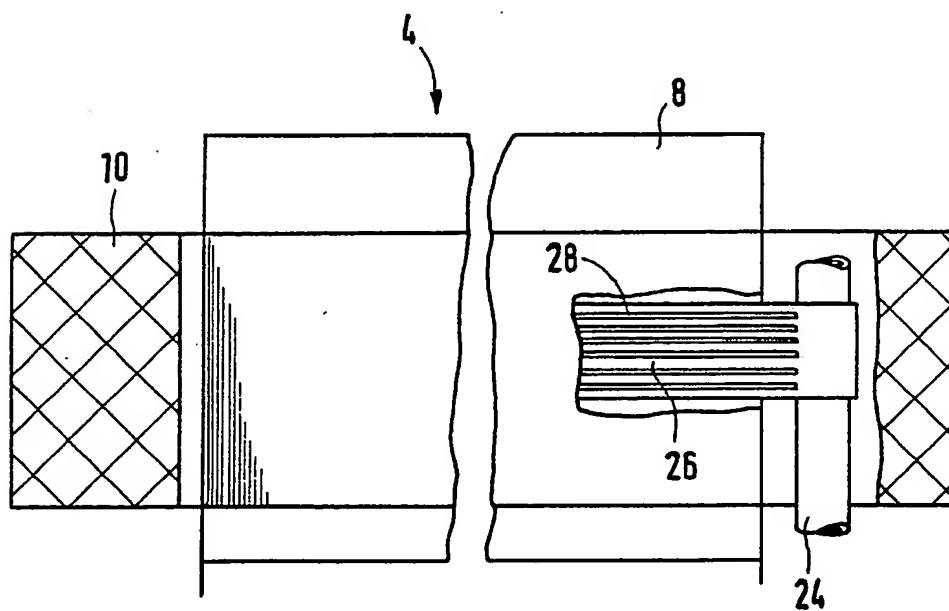
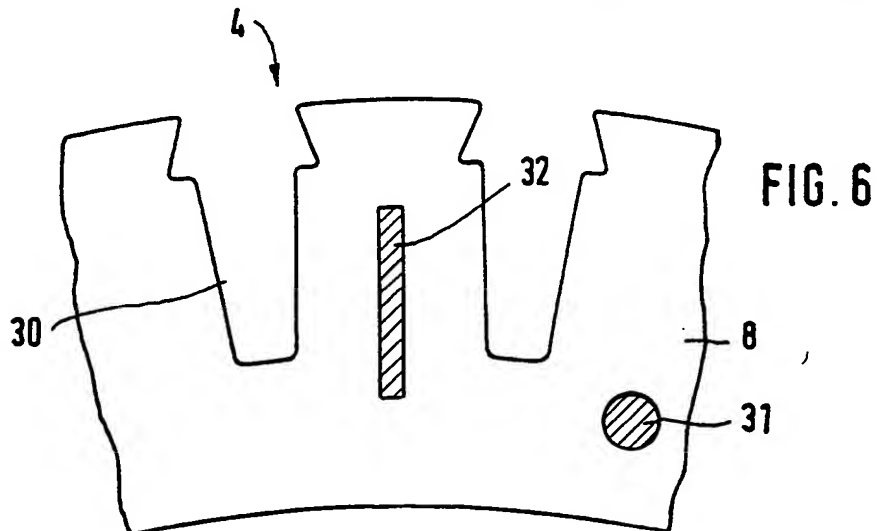
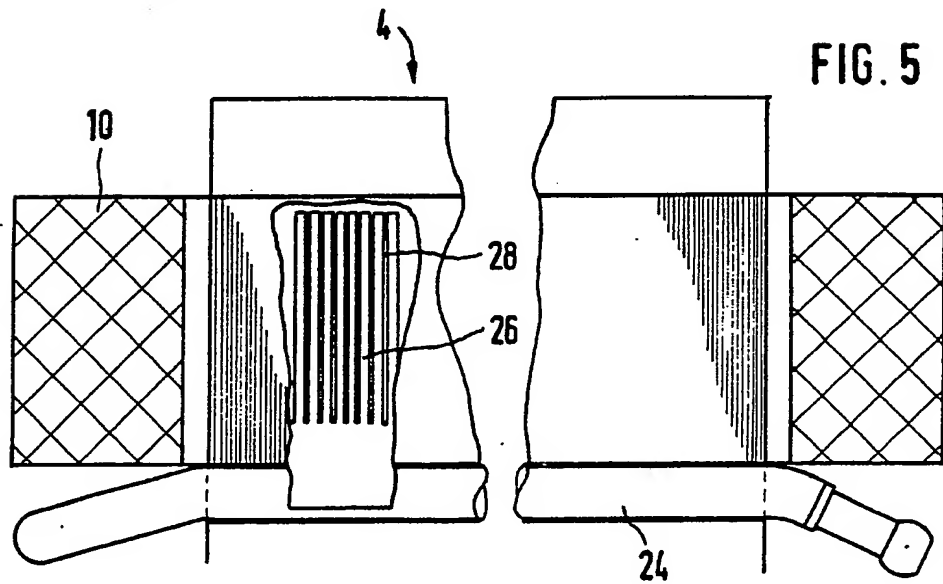
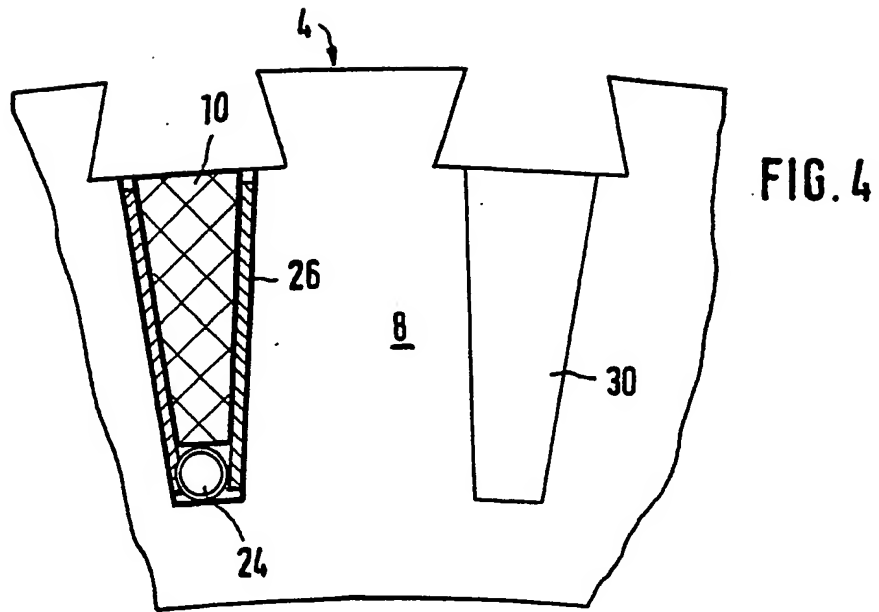


FIG. 3







Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 10 8623

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
X	DE-A-2 016 493 (STENBERG-FLYGT) * Seiten 5,6; Figur * ---	1,2,4,5	H 02 K 9/19 H 02 K 3/24
X	DE-C-3 635 297 (WALZEL) * Spalte 2, Zeile 33 - Spalte 3, Zeile 39; Figuren 1-4 * ---	1,2,13	
X	DE-A-2 111 881 (HANNING) * Seite 2, Zeile 11 - Seite 5, Zeile 18; Figur * ---	1-3	
X	DE-C- 331 707 (A.E.G.) * Seite 1, Zeilen 4-39; Figuren 3,4 * ---	1,6,8-12	
X	DE-C- 964 161 (SIEMENS-SCHUCKERT) * Seite 2, Zeilen 12-30,43-47; Figuren 1,2 * ---	1,6,8,9,11,12	
X	GB-A- 974 730 (LICENTIA) * Seite 1, Zeile 61 - Seite 2, Zeile 38; Figuren 1-4 * ---	1,4,6,7	
X	CH-A- 394 369 (ALSTHOM) * Seite 2, Zeilen 91-96; Seite 3, Zeilen 77-82; Figuren 1-3 * -----	1,4,8,10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 01-08-1989	Prüfer TIO K.H.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 01.82 (P0403)